

УДК 551.26(571.61/64)

**СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В РАСПРЕДЕЛЕНИИ  
ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ**

© 2004 г. В. П. Уткин, А. Н. Митрохин, П. Л. Неволин, Г. Р. Саядян, Б. К. Сорокин

Представлено академиком Ю.М. Пушаровским 04.09.2003 г.

Поступило 05.09.2003 г.

По существующим представлениям золотоносность Южно-Приморской минерагенической зоны приурочена к сопряжению полос-структур северо-восточного и широтного направления [1, 6 и др.]. Специальных структурно-геодинамических исследований минерагенической зоны в целом, как и отдельных ее золоторудных объектов, практически не проводилось. Исключение составляет Аскольдовское месторождение, где В.П. Уткин (1978 г.) обозначил важную рудолокализирующую роль сдвиговых дислокаций и одновременно выделил Аскольдовскую и Западно-Партизанскую сдвиговые зоны как основные региональные рудоконтролирующие структуры. В дальнейшем проблема роли структурно-геодинамического фактора в распределении золотой минерализации решалась авторами этого сообщения в ходе геологического доизучения площади в 2000–2002 гг. путем специальных исследований. В результате составлена геолого-структурная карта (рис. 1), где в качестве главных структур выделены выступы древнего Ханкайского массива (Южно-Приморский и Муравьева-Амурского) и мезозойский Уссури-Арсеньевский прогиб, а также сквозные север-северо-восточные разломы, сгруппированные в сдвиговые зоны (СЗ). Строение и кинематика зон изучались особо.

Западно-Партизанская СЗ (ширина до 10 км) левосторонне смещает на 20 км относительно друг друга Южно-Приморский и расположенный восточнее Сергеевско-Окраинский выступы. Она состоит из системы прямолинейных и ветвящихся крутопадающих разломов со всем комплексом сдвиговых дислокаций. Раннемеловые угленосные осадки – наиболее поздние из вовлеченных в интенсивное сдвигание, которое сопровождается дроблением, глинами трения, зеркалами скольжения с горизонтальной штриховкой, сдвиговыми вертикальными складками. Вдоль СЗ, в пределах Южно-Приморского выступа, развиты

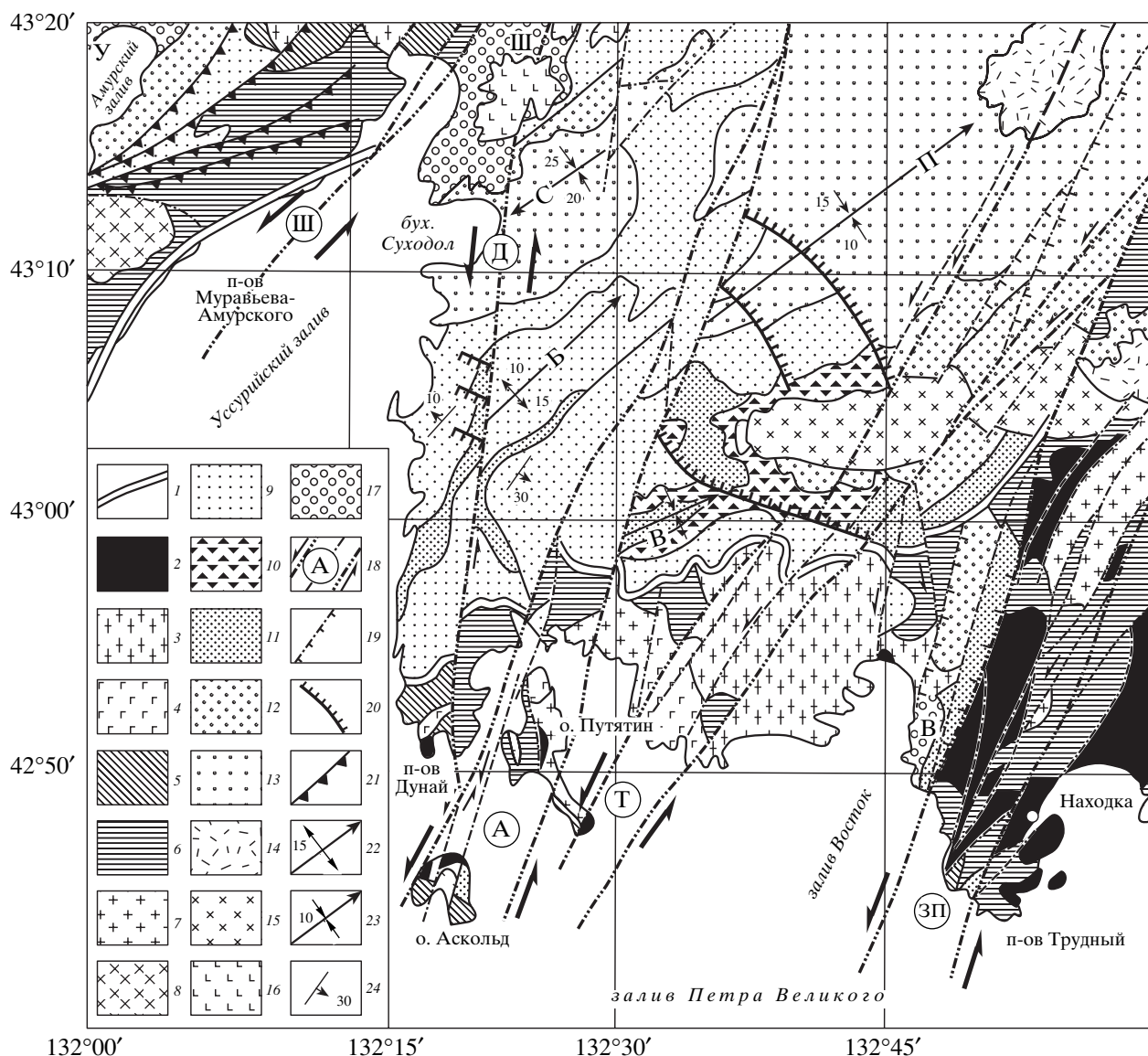
узкие (2.5 км), протяженные (более чем на 20 км) юрско-палеогеновые присдвиговые впадины типа “pull-apart basins” (рис. 1).

Аскольдовская СЗ (ширина до 7 км) простирается от о. Аскольд на северо-восток, ограничивая с запада Петровскую грабен-синклиналь ( $K_{1-2}$ ). Сдвиговые смещения вдоль частных разломов зоны наиболее отчетливо проявлены в ступенчатых разобращениях северной границы Южно-Приморского выступа, с левосторонними амплитудами до 8 км. Разломы СЗ представлены интенсивно дробленными и осветленными породами, мощностью до 5 м, сопровождаются сериями поверхностей скольжения, падают на юго-восток под углом  $70^{\circ}$ – $80^{\circ}$ .

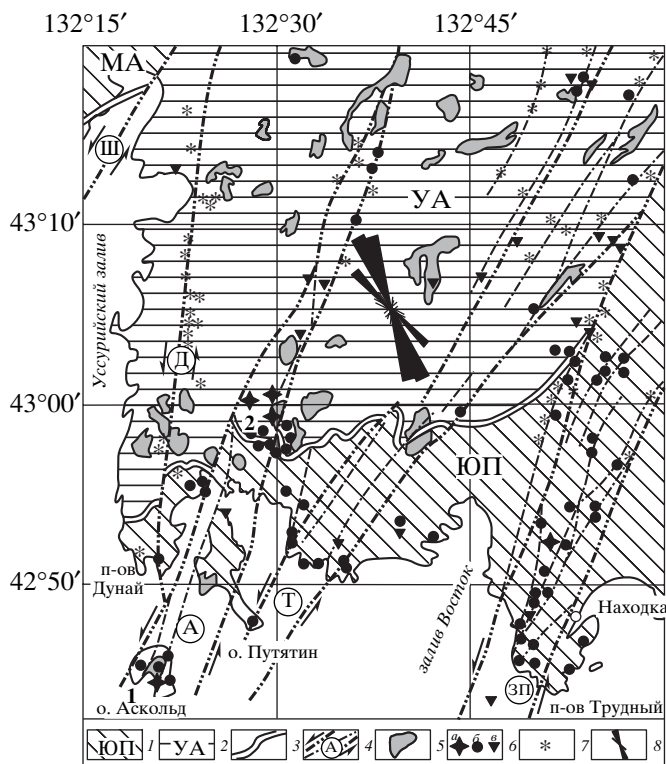
Тигровая СЗ (ширина до 10 км) – группировка частных северо-восточных левых сдвигов, которые в палеозойских габброидах выражены зонами дробления, расщепления, а также интенсивного разгнейсования, милонитизации, зонами кварцевых и карбонатных прожилков, жил гранитов, гранит-аплитов; сместители нередко сопровождаются зеркалами скольжения с пологими штрихами скольжения. Разломы СЗ контролируют серию небольших впадин ( $P_{1-2}$ ), дислоцируют меловые отложения, а также смещают массив позднемеловых гранитоидов на амплитуду 6 км.

Дунайская СЗ разделяет разновозрастные образования и представляет собой узкую зону (шириной до 100 м) тесно сближенных, крутопадающих разрывов с признаками сдвиговой кинематики (пологая тектоническая штриховка, складки с вертикальными шарнирами, разворот слоев против часовой стрелки относительно фоновой ориентировки на  $20^{\circ}$ – $30^{\circ}$ ). Амплитуда левостороннего смещения по сдвиговой зоне оценивается до 10 км.

Таким образом сдвиговые зоны – это сквозные крутопадающие глубинные разломы, пересекающие выступы Ханкайского массива и мезозойды наложенного прогиба. Разломы существовали, по-видимому, уже в позднем палеозое (контроль пермских впадин). Как явные левые сдвиги, они активизировались в юрско-меловое время (контроль впадин



**Рис. 1.** Геолого-структурная карта Южного Приморья (составлена на основе материалов геокартирования и специальных структурных исследований). 1 – границы мезозойского Уссури-Арсеньевского прогиба, сформированного между Южно-Приморским и Муравьева-Амурского выступами Ханкайского композитного массива; 2–4 – образования фундамента выступов: 2 – ранний протерозой: сергеевский комплекс метагабброгранитоидный; авдокимовская толща (амфиболитовые, гранат-геденбергитовые сланцы, гнейсы, мраморы), 3, 4 – ранний палеозой: 3 – таудеминский комплекс гранитовый, 4 – анненский комплекс пироксенит-габбро-диоритовый; 5, 6 – стратифицированные образования палеозойского чехла выступов: 5 – девон-карбонские формации:  $S_1$  (?) – вулканогенно-карбонатная,  $D_2$  – вулканогенно-терригенная,  $C_1$  – песчано-сланцевая, 6 – пермские формации:  $P_1$  – вулканогенная,  $P_{1-2}$  – терригенно-угленосная, терригенно-вулканогенная,  $P_2$  – вулканогенная, вулканогенно-терригенно-угленосная, терригенно-карбонатная; 7, 8 – интрузивные образования позднепалеозойской магматической активизации: 7 – доверхнепермские плагиигранит-граниты (тинканские граниты), 8 – позднепермские диорит-граниты (седанкинский комплекс); 9–13 – стратифицированные мезозойские образования Уссури-Арсеньевского прогиба: 9 – триасовые формации:  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_{1-2}$  – терригенно-карбонатная,  $T_3$  – терригенно-угленосная, 10 – юрские формации:  $J_1$  – вулканогенно-терригенная,  $J_{1-2}$  – терригенная, 11–14 – меловые формации: 11 – карбонатно-терригенно-угленосная ( $J_3-K_1$ ), 12 – вулканогенно-терригенная ( $K_1$ ), 13 – вулканогенно-терригенная ( $K_{1-2}$ ); 14, 15 – образования позднемеловой магматической активизации: 14 – вулканогенные ( $K_2$ ), 15 – гранодиориты, граносиениты ( $K_2$ ) (многочисленные мелкие интрузивы гранитоидов повышенной основности показаны на рис. 2); 16 – неогеновые базальты оливиновые; 17 – кайнозойские депрессии: Ш – Шкотовская, У – Угловская, В – Восточная; 18 – сдвиговые зоны: А – Аскольдовская, Т – Тигровая, ЗП – Западно-Партизанская, Д – Дунайская, Ш – Шкотовская (толстый пунктир – главные сдвиги, тонкий – сдвиги высоких порядков); 19 – сдвиги или их фрагменты, трансформированные в сбросы; 20 – сбросы; 21 – надвиги; 22 – оси синклиналей: П – Петровской, С – Суходольской, В – Волчанской; 23 – оси антиклиналей: Б – Бессарабской (цифры – средние углы падения крыльев складок, стрелки – направление погружения осей складок); 24 – моноклинали (цифры – средние углы их падения).



**Рис. 2.** Распределение золотой минерализации Южно-Приморья. 1 – домезозойские образования Южно-Приморского (ЮП) и Муравьева-Амурского (МА) выступов Ханкайского массива; 2, 3 – мезозойские образования (2) Уссури-Арсеньевского (УА) прогиба и его границы (3); 4 – сдвиговые зоны: А – Аскольдовская, Т – Тигровая, ЗП – Западно-Партизанская, Д – Дунайская, Ш – Шкотовская (толстый пунктир – основные сдвиги, тонкий – сдвиги высоких порядков); 5 – гранитоиды повышенной основности; 6 – золоторудные месторождения (а) (1 – Аскольдовское и 2 – Криничное), рудопроявления (б) и пункты минерализации (в); 7 – золотосодержащие шлиховые пробы в зонах динамического влияния сдвигов; 8 – суммарная (по всей площади) роза-диаграмма простираний золотокварцевых жил.

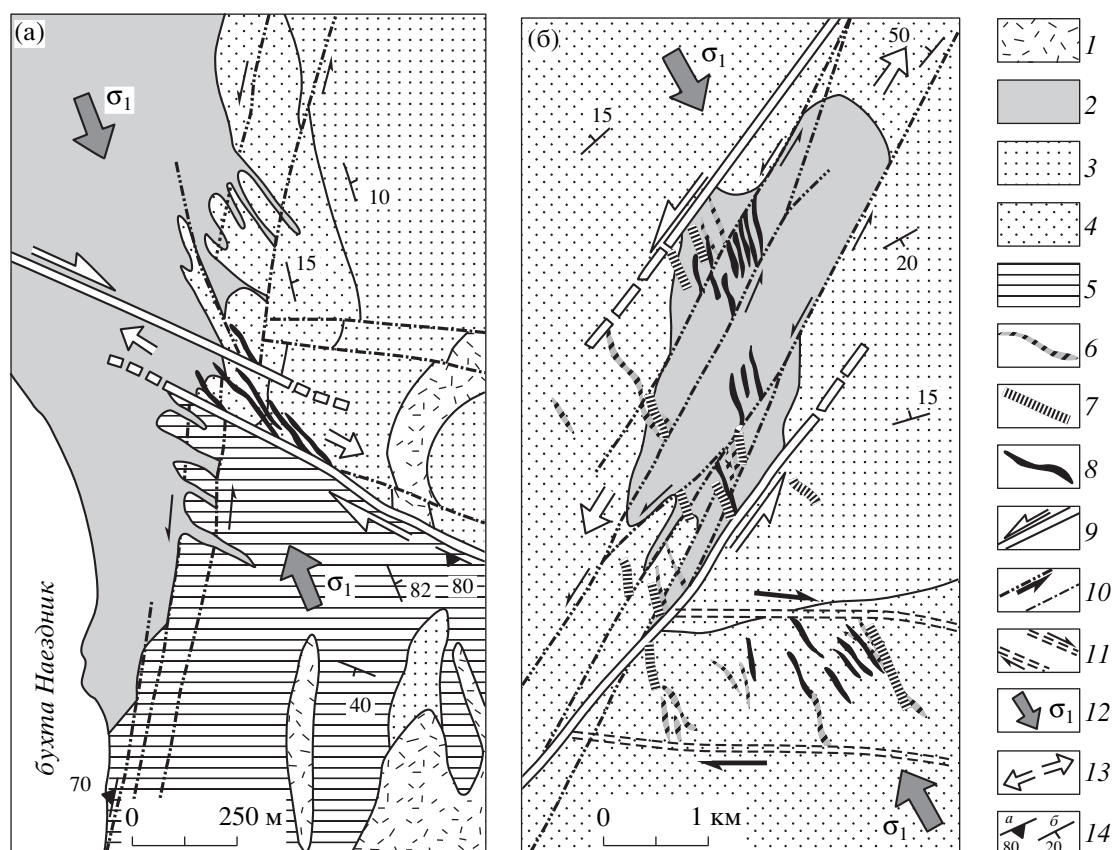
типа “pull-apart basins”) и особенно отчетливо – в позднем мелу (сдвиговые дислокации раннемеловых отложений). В этот же период, по-видимому, была сформирована и система северо-восточных складок мезозойского (рис. 1), закономерно косая ориентировка которых по отношению к сдвигам указывает на левосдвиговую природу складчатости.

Золотое оруденение площади сравнительно однотипно, относится к плутоногенно-гидротермальному типу и обнаруживает пространственную и парагенетическую связь с небольшими массивами позднемеловых гранитоидов повышенной основности. Однако массивы рассеяны по площади, а золотая минерализация, как тяготеющая к гранитоидам, так и весьма удаленная от них, сосредоточена в основном в пределах сдвиговых зон (рис. 2). В Западно-Партизанской СЗ главные

концентрации золота располагаются среди метаморфизованных сергеевских габброидов на участках сочленения золотоносных зон динамокластиков восток-северо-восточного простирания (с преимущественно пологонадвиговым падением) и север-северо-восточных левых сдвигов, в которых рудная минерализация сосредоточена в основном в северо-западных разрывах отрывного типа. Все три типа разноориентированных структур (соответственно сжатия, скола и растяжения) отвечают положению структур левосдвигового парагенеза. Главенствующая роль в локализации золотого оруденения во всех СЗ принадлежит в основном северо-западным структурам растяжения, что подтверждается северо-западной доминантой простирания золотокварцевых жил в суммарной диаграмме (рис. 2, диаграмма). Сдвиговая природа этого типа структур хорошо проявлена на Аскольдовском и Криничном месторождениях, контролируемых Аскольдовской СЗ (рис. 2).

На Аскольдовском месторождении (рис. 3а) в северо-западных разрывах растяжения левого субмеридионального сдвига локализованы апофизы массива гранодиоритов, а такого же простирания рудные тела образуют эшелонированную структуру, которая является дуплексом растяжения несоосных правых запад-северо-западных сдвигов. Сопряженные левые и правые сдвиги формировались в условиях северо-западного сжатия. Подобные сдвиговые динамопары широко распространены в Сихотэ-Алине, где они играют исключительно важную роль в локализации оловянных руд [7, 8]. На Криничном месторождении (рис. 3б) в дуплексе растяжения несоосных северо-восточных левых сдвигов сформирован гранодиоритовый массив, секущие его северо-западные золоторудные жилы, дорудные и пострудные дайки. Идентичной ориентировки дайки и жилы локализованы также в эшелонированных разрывах растяжения широтного правого потенциального сдвига, сформированного синхронно с северо-восточными левыми сдвигами в условиях регионального северо-западного сжатия. Абсолютный возраст гранодиоритов 104–94 млн. лет, дорудных кислых даек 90.8–82.5 млн. лет, пострудных даек андезибазальтов 76.2 млн. лет, золотокварцевых жил 84.2–76 млн. лет [9]. Перечисленные абсолютные возрасты, как и абсолютный возраст жил Аскольдовского месторождения 84.5–83.8 млн. лет, отражают время левосторонней активизации Аскольдовской сдвиговой зоны.

Рудоконтролирующая роль сдвиговых зон объясняется не только развитием в их пределах относительно крупных структур растяжения, благоприятных как для миграции, так и для локализации рудного вещества, но и других дислокационных форм, в том числе и на молекулярном уровне. Установлено, что в сдвиговых зонах развиваются тектонические напряжения, которые



**Рис. 3.** Геолого-структурные карты месторождений Аскольд (а) и Криничного (б). 1 – позднемеловые кварцевые порфиры; 2 – позднемеловые гранодиориты; 3, 4 – среднеюрские (3) и нижнетриасовые (4) терригенные отложения; 5 – раннепалеозойские конгломераты, метавулканы, аркозовые песчаники; 6 – дорудные кислые дайки; 7 – пострудные дайки андезибазальтов; 8 – золото-кварцевые жилы; 9 – материнские несоосные сдвиги правоступенчатого (м-е Аскольд) и левоступенчатого (м-е Криничное) дуплексов растяжения; 10 – частные сдвиги; 11 – границы правого потенциального сдвига; 12 – направление максимального сжатия; 13 – направления растягивающего напряжения в сдвиговых дуплексах растяжения; 14 – элементы ориентировок плоскостей разрывов (а) и слоистости (б).

обеспечивают повышение миграционной способности газовой-жидкой фазы [2, 5 и др.]. В этих динамических условиях прежде беспорядочное поровое пространство породы приобретает закономерную ориентировку и, несмотря на общее уменьшение пористости, форма проводящих каналов становится однонаправленно вытянутой, что также способствует облегчению движения флюида [4]. В этих же условиях приоткрывается только вертикальная система трещин, параллельная среднему и максимальному напряжениям сжатия сдвигового эллипсоида деформаций, а все прочие остаются закрытыми [7 и др.]. Сдвиговые зоны становятся структурами с аномально высокой проницаемостью и, действуя как мощные дрены, концентрируют рассеянный флюидный поток и обеспечивают его миграцию вплоть до самых верхних уровней коры. Экспериментально и на природных объектах [4] установлена значимость сдвигания на ускорение процессов минералообразования и регенерации вещества. В условиях

высоких давлений деформации сдвига (в механическом плане) ускоряют реакции на 8–9 порядков по сравнению с обычными условиями [3]. В нашем случае ремобилизация золотой минерализации, весьма вероятно, происходила из субстрата раннепротерозойских метагабброидов с повышенным кларком золота под воздействием рассмотренных выше динамических факторов развития СЗ, возможно при участии мантийных флюидов. Рудоотложение происходило в декомпрессионных (“всасывающих”) элементах СЗ – структурах растяжения, параллельных региональному северо-западному сжатию. Благоприятные для локализации руд эшелонированные структуры растяжения (потенциальные сдвиги) получили особенно широкое развитие в подошве мезозойских, выполнявших роль экрана над активизированными сдвигами. Этим объясняется повышенная концентрация рудных жил на участках пересечения сдвиговыми зонами нижних уровней мезозойских образований.

Таким образом, сдвиговые зоны характеризуются комплексом структурных и геодинамических факторов (глубинные крутопадающие разломы земной коры, обладающие динамическим эффектом ускоренного минералообразования и ремобилизации вещества, повышенной проницаемостью для рудоносных флюидов, локальными рудоконцентрирующими структурами), определивших их ведущую роль в распределении золотой минерализации Южного Приморья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волярович Г.П.* В сб.: Золоторудные формации Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 7–35.
2. *Звягинцев Л.И.* Деформация горных пород и эндогенное рудообразование. М.: Наука, 1978. 174 с.
3. *Ениколопов Н.С.* Влияние сдвига на скорость процессов полимеризации. Междунар. симп. по хим. физике: Тез. докл. М., 1981. С. 83–86.
4. *Летников Ф.А., Савельева В.Б., Большев С.П.* Петрология, геохимия и флюидный режим тектонитов. Новосибирск: Наука, 1986. 22 с.
5. *Пэк А.А.* О динамике ювенильных растворов. М.: Наука, 1968. 147 с.
6. *Радкевич Е.А.* Металлогенические зоны Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток: Дальнаука, 1984. 192 с.
7. *Уткин В.П.* Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука, 1980. 144 с.
8. *Уткин В.П.* Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 165 с.
9. *Ishihara S., Gonevchuk V.G., Gonevchuk G.A. et al.* // Resource Geol. 1997. V. 47. № 5. P. 255–261.